

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

# **Univerzální pneumatický upínač obrobků na stole frézky**

## **Universal Pneumatic Fixture for Milling Machine**

Student:

Zapletal Oldřich

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

## Zadání bakalářské práce

Student: **Oldřich Zapletal**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení  
Téma: **Univerzální pneumatický upínač obrobků na stole frézky**  
**Universal Pneumatic Fixture for Milling Machine**

Zásady pro vypracování:

Navrhněte pneumatický mechanismus pro upínání deskových polotovarů o rozměrech - délka 1000 mm, šířka 300 až 500 mm, tloušťka 30 mm. Z bezpečnostních důvodů je třeba, aby bylo signalizováno dosažení upínacího tlaku. Vypracujte následující body:

1. Popište možné způsoby řešení daného problému.
2. Navrhněte pneumatický mechanismus upínače obrobků.
3. Provedte simulaci funkce obvodu v programu Automation Studio a praktické ověření v laboratoři.
4. Navrhněte a specifikujte jednotlivé prvky obvodu.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. 1. vydání. ISBN 80-7078-306-0.  
KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.  
ZEMČÍK, O. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003 - 193 s. ISBN 80-214-2336-6.  
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 pp. ISBN 978-3-540-69470-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Pavel Benda

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



---

doc. RNDr. Milada Kozubková, CSc.  
*vedoucí katedry*



---

prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
*děkan fakulty*

## Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

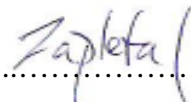
V Ostravě ...21.5. 2010

.....  
Zapletal Oldřich

### Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne...21.5. 2010

.....  
Zapletal Oldřich

Jméno a příjmení autora práce:

Oldřich Zapletal

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kollárova 541

Kroměříž

76701

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

ZAPLETAL, O. *Univerzální pneumatický upínač obrobků na stole frézky*. Ostrava: katedra hydraulických a pneumatických strojů a zařízení, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2010, 46 s. Bakalářská práce, vedoucí Ing. Dvořák PhD., L.

Bakalářská práce se zabývá pneumatickým upínáním deskového materiálu na stole obráběcího stroje. Po dohodě s konzultantem a vedoucím bakalářské práce se přistoupilo na upínání pomocí pneumatických upínek kombinujících lineární a rotační pohyb. V úvodní části práce je uveden přehled možností upínání deskových polotovarů na stole obráběcího stroje. Dále kapitola, kde jsou zvolené pneumatické otočné upínky rozebrány. Je provedena výpočtová část, kde se na ukázkou spočetly dva druhy frézování. Díky vypočteným silám jsme schopni vybrat potřebnou pneumatickou upínku. Další část se zabývá návrhem univerzálního pneumatického upínače. V poslední části práce jsou navrženy možnosti pneumatického obvodu, kde jsou popsány jednotlivé prvky obvodu. Obvody jsou navrženy s prvky, které zvyšují bezpečnost obsluhy i okolí. Na závěr bakalářské práce se v laboratoři na trenažérech prakticky ověří nejvhodnější zapojení.

## **ANNOTATION OF THESIS**

ZAPLETAL, O.; *Universal pneumatic fixture for milling machine*. Ostrava: Department of Hydromechanics and Hydraulic Systems, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2010, 46 p. Thesis, Head: Ing. Dvořák PhD., L.

The Bachelor thesis is devoted to pneumatic clamping device of tabular material on the desk of a machine tool. After the agreement with my consultant and teacher we decided to introduce the clamping device with the help of pneumatic clamping combining linear and revolting movements. At the beginning of my work there is a list of possibilities of clamping used for tabular semi-finished products on the desk of a machine tool. In another part of my work the chosen pneumatic clamping devices are shown and described. The next part is devoted to calculating of two kinds of milling machines. With the support of the calculation we are able to choose the needed clamping device. In the next parts we discuss the universal pneumatic clamping, the pneumatic circuit and devices which improve the safety. At the end of my thesis the circuits are practically checked.

## OBSAH

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ .....	9
1 ÚVOD .....	10
2 VÝHODY A NEVÝHODY PNEUMATICKÉHO UPÍNÁNÍ .....	11
3 MOŽNOSTI PNEUMATICKÉHO UPÍNÁNÍ.....	12
3.1 Pneumatická kloubová upínka.....	12
3.2 Pneumatická upínka řady CKZT .....	12
3.3 Pneumatická upínka řady GN.....	13
3.4 Pneumatická upínka řady CKZ2N.....	14
3.5 Pneumatický svěrák.....	14
3.6 Pneumatická otočná upínka .....	16
4 VÝPOČET PODÉLNÝCH SIL .....	19
4.1 Příklad výpočtu řezných sil pro válcové frézování .....	19
4.2 Příklad výpočtu řezných sil pro čelní frézování drážky .....	21
5 VOLBA PNEUMATICKÝCH UPÍNEK .....	22
5.1 Pneumatické upínky série MK2 .....	23
5.2 Návrh počtu upínek .....	24
5.3 Teoretické síly válce.....	24
5.4 Směr otáčení upínek .....	25
6 NÁVRH UNIVERZÁLNÍHO PNEUMATICKÉHO UPÍNAČE .....	26
7 NÁVRH PNEUMATICKÉHO OBVODU.....	28
7.1 Rozváděče.....	28
7.2 Logická funkce „AND“ .....	29
7.3 Jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu .....	30
7.4 Jednosměrné řízené ventily .....	31
7.5 Spojky a šroubení .....	31
7.6 Plastové hadice .....	32
7.7 Snímač tlaku .....	33

8	SPOTŘEBA STLAČENÉHO VZDUCHU .....	33
9	PNEUMATICKÉ OBVODY .....	34
9.1	Schéma dvouokruhového obvodu .....	34
9.2	Pneumatický obvod jednookruhový .....	34
9.3	Pneumatické obvody dvouokruhové .....	36
10	PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ.....	42
11	ZÁVĚR .....	44
12	LITERATURA.....	45
13	SEZNAM PŘÍLOH.....	46



## Seznam použitého značení:

$A_{di}$	[mm <sup>2</sup> ]	průřez třísky odebírán jedním zubem frézy
$A_{dmax}$	[mm <sup>2</sup> ]	maximální průřez třísky
$a_p$	[mm]	šířka záběru ostří
$c_{Fc}$	[-]	konstanta
$D$	[mm]	průměr pístu
$d$	[mm]	průměr pístnice
$D_f$	[mm]	průměr frézy
$F$	[N]	tlaková upínací síla
$F_c$	[N]	celková řezná síla
$F_{ci}$	[N]	řezná síla na jeden zub
$F_{cmax}$	[N]	maximální řezná síla
$f_z$	[mm]	posuv na zub
$H$	[mm]	hloubka odebírané vrstvy
$h_i$	[mm]	tloušťka třísky odebírána jedním zubem
$h_{max}$	[mm]	maximální tloušťka třísky
$k_{ci}$	[MPa]	měrná řezná síla
$k_{cmax}$	[MPa]	maximální měrná řezná síla
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky frézy
$p$	[MPa]	tlak před pístem
$V_{IN}$	[m <sup>3</sup> ]	objem stlačeného vzduchu na 1 zdvih
$V_c$	[m <sup>3</sup> ]	objem celkového počtu upínek na 1 zdvih
$v_f$	[mm/min]	posuvová rychlost
$V_n$	[m <sup>3</sup> ]	celková spotřeba stlačeného vzduchu
$z$	[-]	počet zubů
$\phi_i$	[°]	úhel určující polohu daného zubu

# 1 ÚVOD

Využití stlačeného vzduchu má své pevné místo v použití pro pohony, řízení, regulaci atd. Stále více je využíván pro pohon a řízení chapadel manipulátorů a dalších uchopovacích a svíracích mechanismů. Maximální tlak stlačeného vzduchu je 1 MPa. Obecně se proto pneumatické upínání používá tam, kde stačí malé až střední síly k upnutí a je k tomu třeba rychlý pohyb s vysokou frekvencí. Stlačený vzduch se jeví jako levný zdroj energie, ale ve skutečnosti jde o jednu z nejdražších energií. To je převážně způsobeno nutností upravovat vzduch od mechanických nečistot, vlhkosti a přimazávání olejem. Pneumatika nám umožňuje rychlé propojení mezi použitými prvky pomocí nástrčných spojek nebo šroubení.

Práce se dále zaměřuje na možnosti pneumatického upínání. Pneumatické otočné upínky, které jsou dále stručně rozebrány, jsou používány pro upínání deskového materiálu na stolech nejrůznějších obráběcích strojů, jako jsou například frézky, brusky, vrtačky, řezačky, svářečky a další. Dále se práce zabývá popisem principu a základních parametrů zvolené pneumatické upínky. Pneumatické upínky jsou součástí univerzálního upínače, který je navrhnut zejména pro dokončovací operace na stole obráběcích strojů. Po dohodě s vedoucím bakalářské práce se zvolila možnost frézování, pro kterou jsou dále vypočteny řezné síly, podle kterých je volen počet a velikost upínek.

Pneumatické upínání je zabezpečeno řadou bezpečnostních prvků proti možnému vzniku komplikací v obvodu nebo úrazu obsluhy. Schéma obvodů jsou prakticky ověřeny ve školní laboratoři na zkušebních trenažérech firmy SMC, kde se vyhodnotí, které zapojení je nejvhodnější pro řešení ovládání pneumatických otočných upínek.

## **2 VÝHODY A NEVÝHODY PNEUMATICKÉHO UPÍNÁNÍ**

### **Výhody pneumatického upínání:**

- Vysoká provozní spolehlivost
- Snadná údržba a obsluha
- Jednoduchý rozvod stlačeného vzduchu
- Nízké požadavky na prostor pro centrální výrobu
- Snadná regulace upínací síly a rychlost upínání
- Pneumatiku neovlivňuje přetížení při procesu obrábění
- Možnost použití ve výbušném prostředí

### **Nevýhody pneumatického upínání**

- Nebezpečí uvolnění obrobku při poklesu tlaku vzduchu
- Požadavek na velký průměr válce při velkých upínacích silách
- Nemožnost udržení pístu ve střední poloze během zatížení

### **Pneumatický systém je vybaven konstrukčními prvky:**

- Potrubí
- Filtrace vzduchu s odlučovačem vody
- Redukční ventil
- Odkapávací a rozprašovací maznice
- Ovládací rozváděč
- Zpětný ventil
- Manometr
- Upínací válec

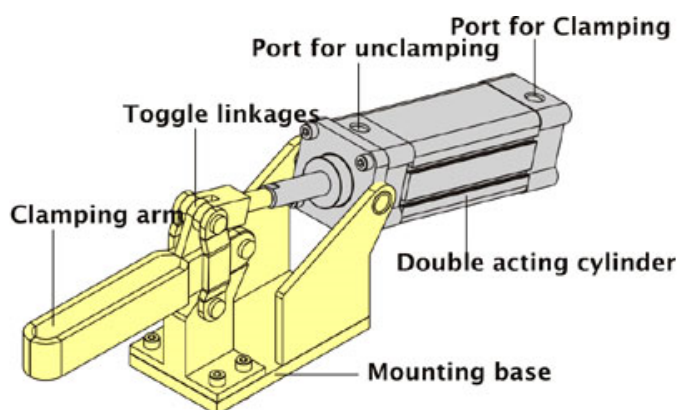
### **Oblasti použití stlačeného vzduchu:**

Stlačený vzduch má mnohostranné využití v mnoha odvětví průmyslu. Obecně jej používáme tam, kde stačí malé, či střední síly, přičemž nám pneumatika zaručuje rychlé pohyby a reakce. Obecně pneumatiku najdeme například ve strojírenském průmyslu, automobilovém průmyslu, lékařském průmyslu, dřevařském průmyslu, apod. [1],[2],[3].

### 3 MOŽNOSTI PNEUMATICKÉHO UPÍNÁNÍ

#### 3.1 Pneumatická kloubová upínka (Pneumatic Toggle Clamp):

Princip upínky je popsán dle firmy De-Sta-Co [5]. Upínka ovládána dvojčinným pneumatickým válcem. Skládá se z dvojčinného pneumomotoru (Double acting cylinder), upínacího ramene (Clamping arm), pákové spojky pro zvětšení dosažené síly (Toggle linkages), podstavy pro upnutí ke stolu obráběcího stroje. Dále dva porty pro ovládání pístu. Port pro vysouvání neboli upínání (Port for clamping) a port pro uvolnění (Port for unclamping).



Obr. 3.1 Pneumatická kloubová upínka

Upínací síly závisí na mnoha faktorech. Mezi nejdůležitější řadíme délku upínacího ramene, vnitřní průměr válce, dostupný tlak stlačeného vzduchu. Ve většině případů je upínací síla zhruba 2 – 3 krát větší než tlak přivedeného vzduchu. Kloubové upínky se všeobecně používají na upínání tenkých materiálů. Nejčastější použití je při obrábění, či svařování, ale také řezání, ohýbání, kování, vrtání, apod.

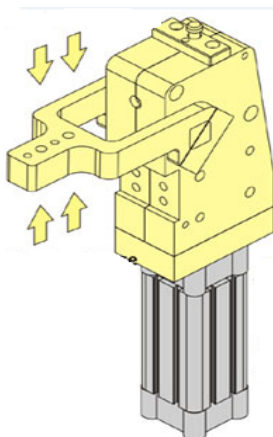
#### 3.2 Pneumatická upínka řady CKZT (značení dle firmy SMC):

Je ovládána dvojčinným pneumatickým válcem. Upínka dokáže pracovat s úhly 30° až 135°. Všechny CKZT upínky jsou kromě upínacího ramene kompletně uzavřené.

##### **Základní části:**

Kloubový mechanismus, bezdotykový přibližovací snímač, vnější zarážka, zátka proti zpětnému otočení upínacího ramene, tlumič koncových poloh pístu, upínací rameno, lineární

pneumatický válec. Podle požadované upínací síly zjistíme vnitřní průměr válce. Vnitřní průměry se pro tento typ vyrábí od 40 – 80 mm.



**Obr. 3.2 Pneumatická upínka řady CKZT**

Tento druh pneumatického upínání používáme ve velkém rozsahu také ve svařovnách. Upínky ve svařovnách jsou většinou hliníkové, jelikož na hliník se nelepí mikročástečky žhavého kovu, který by mohl upínku poškodit. Přívod stlačeného vzduchu je přiváděn hadicemi, které jsou odolné proti propálení (Obvykle jsou s dvojitým pláštěm) [3].

### **3.3 Pneumatická upínka řady GN (značení dle firmy Elesa+Ganter):**

Upínky jsou malé, kompaktní a lehké a mají nízkou spotřebu vzduchu a životnost až cca 20 milionů upínacích cyklů. Díky svým průměrům pístů 20, 32 a 40 mm mohou dosahovat vysokých upínacích a přídržných sil. Kinematika upínačů Elesa+Ganter je dimenzována tak, že je v upínací poloze dosaženo samopřídržného efektu. Informace o základním principu [8].



**Obr. 3.3 Pneumatická upínka řady NG**

### 3.4 Pneumatická upínka řady CKZ2N:

Upínka využívá lineární válec, který je spojen s překlápěcím ramenem. Rameno potom produkuje sílu sevření. Tento styl upínání se používá nejvíce v automobilovém průmyslu.



Obr. 3.4 Pneumatická upínka řady CKZ2N

Díky eliptickému tvaru pístu dosahuje úzkého tvaru a lepší možnosti zástavby na obráběcím stroji. Snímače polohy (přiblížení) jsou snadno vyjmutelné. Integrovaný tlumič nárazů redukuje účinky dopadu při uvolnění válce [3].

#### Základní části:

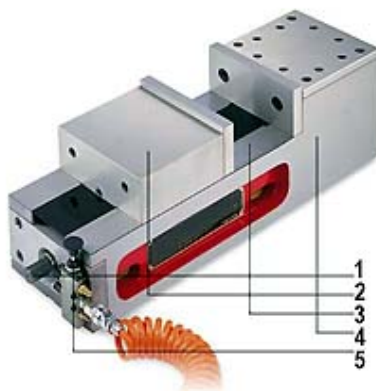
Píst eliptického tvaru, tlumič v koncových polohách, celkové zakrytování, induktivní snímač polohy pístu, upínací rameno. CKZ2N upínky pracují s tlakem od 0,3 do 0,8 MPa.

### 3.5 Pneumatický svěrák:

Pneumatický svěrák umožňuje rychlé a silné sevření, které významně zvyšuje produktivitu. Při působení tlaku na píst je dosaženo přesného upnutí součástky vzhledem k jejímu středu souměrnosti. Svěrák lze upravit pro upínání různých tvarových součástí pomocí nádstavb. Nadstavby i jednotlivé díly lze také jednoduše kombinovat [7].

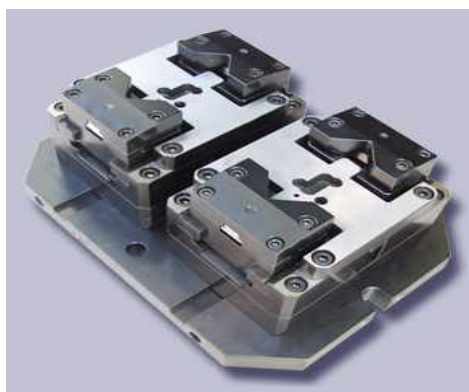
### Části:

1. Výstup pro ovládání mechanicky
2. Pohyblivá upínací čelist
3. Suport
4. Pevná čelist
5. Ventil pro plnění



**Obr. 3.5.1 Pneumatický svěrák (ovladatelný i mechanicky)**

Pneumatické svěráky se v strojírenském v průmyslu nejčastěji montují na otočné stoly ve velkosériové, či středněsériové výrobě. Upínací čelisti se dají snadno nahradit čelistmi, které tvarově lépe kopírují upínanou součást. Typ svěráku zobrazen na obr. 3.5 může být ovládán jak pneumaticky, tak mechanicky.



**Obr. 3.5.2 Pneumatický svěrák na stole obráběcího centra**

### 3.6 Pneumatická otočná upínka:

#### Základní princip:

Pneumatické kyvné upínky se používají pro upínání tam, kde stačí pro upnutí pouze malá upínací síla. Upínka kombinuje lineární přímočarý pohyb s rotačním pohybem. Na vnitřní pístnici je speciálně obrobená drážka, která vyvíjí tyto kombinované pohyby. Tuto drážku kopíruje čep, který zaručuje lineární pohyb s otočením. Po přivedení tlaku se píst otočí o  $90^\circ$  s následným krátkým přímočarým zdvihem. Upínky se vyrábí i s otočením  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  a  $60^\circ$ . Dále mohou být s vnitřní pružinou, která zaručuje po přerušení dodávky stlačeného vzduchu pohyb do původní polohy [3],[5],[6],[9].

Pneumatické označení pro otočnou upínku:



Obr. 3.6.1 Pneumatická značka otočné upínky

Obrázek v řezu:

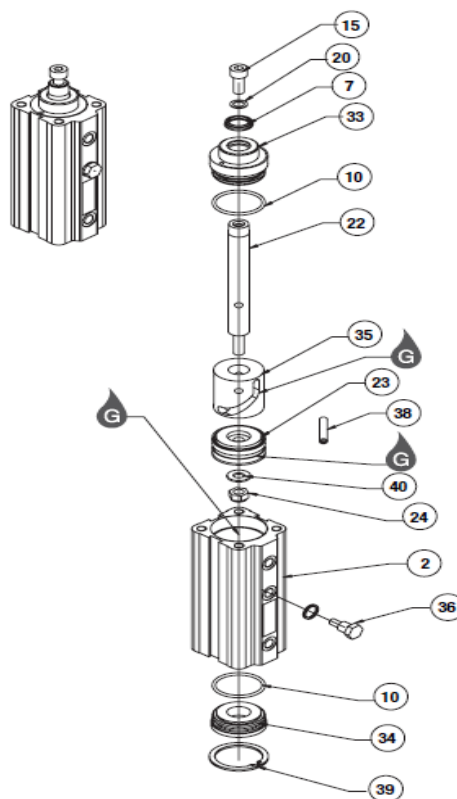


Obr. 3.6.2 Řez pneumatickou otočnou upínkou



### Části upínky: (označení podle firmy De-Sta-Co)

- 2) Tělo upínky
- 7) Těsnění
- 10) O-kroužek
- 15) Šroub
- 20) Podložka
- 22) Pístnice
- 23) Píst
- 24) Matice
- 33) Víko
- 34) Spodní zátka bubnu
- 35) Těleso s drážkou pro kombinace pohybů
- 36) Čep kopírující drážku
- 38) Sponka
- 39) Pojistný kroužek
- 40) Podložka



Obr. 3.6.3 Části otočné upínky

### Otočná upínka s oboustranným ramenem:

Upínka kombinuje rotační pohyb s krátkým přímočarým zdvihem stejně jako v provedení s jednostranným ramenem. Rozsah pootočení je od 0° do 90°. Použití v případě upínání deskového materiálu na obou ramenech např. na výrobních linkách apod. [6].



Obr. 3.6.4 Oboustranná pneumatická otočná upínka

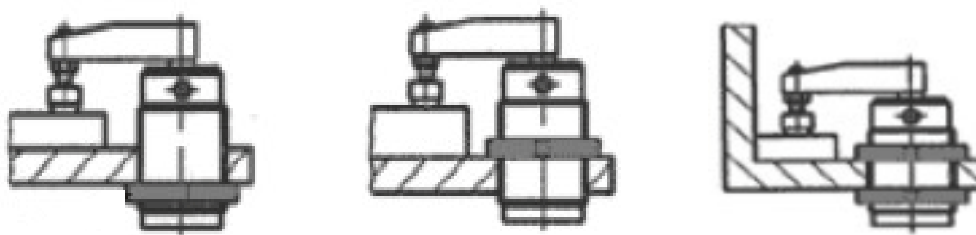
### 3.6.1 Schéma montáže upínek na pracovní stůl obráběcího stroje

Při montáži upínek musí být stůl dokonale čistý a hladký. Díky špatně očištěnému stolu může být upínka v mírném sklonu a nemusí svírat celou svoji upínací plochou. Tím může dojít k jejímu poškození. Na obrázku (3.6.1.1 ) jsou označeny vstupy stlačeného vzduchu do válce, porty A a B. V prvním případě jde o jednoduché upnutí ke stolu pomocí 4 šroubů jdoucích skrze podstavu upínky. Stlačený vzduch je přiveden do portů A a B pomocí hadiček. V druhém případě je část těla přímo zašroubována ve stole obráběcího stroje, odkud je pak i dopravován stlačený vzduch [8].



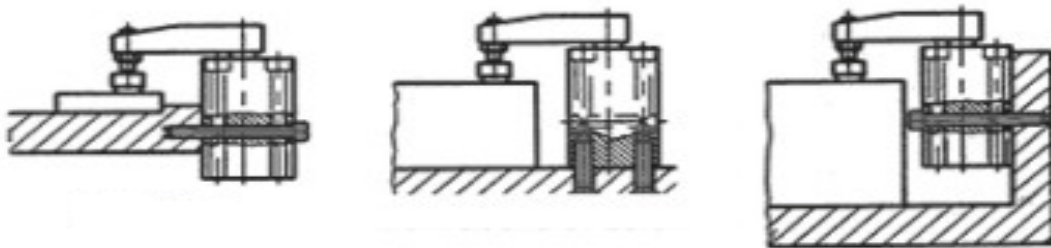
Obr. 3.6.1.1 Schéma upínání pneumatické upínky na stůl obráběcího stroje

Způsob šroubení pneumatického válce na stůl frézky se pojišťuje maticí KM, která se upevňuje třemi způsoby. Pojištěním maticí zespod, z vrchu, nebo pro větší bezpečnost se matice šroubuje z obou stran. U tohoto způsobu můžeme nastavit téměř libovolnou výšku upínacího ramene.



Obr. 3.6.1.2 Schéma upínání pneumatické upínky na stůl obráběcího stroje

Další způsob upnutí ke stolu frézky je pomocí šroubů jdoucích skrze vnější část bubnu upínky. V prvním případě jsme zmenšili základní upínací výšku a můžeme upínat i tenké plechy. Naopak v obrázku úplně nalevo jsme zvětšili výšku upínání.



Obr. 3.6.1.3 Schéma upínání pneumatické upínky na stůl obráběcího stroje

## 4 Výpočet podélných sil

Podélné síly jsou spočteny pro dva druhy frézování drážky. Jelikož v zadání bakalářské práce nejsou přesně určeny podmínky ve kterých univerzální upínač pracuje, zvolil jsem pro ukázkou frézování drážky čelní válcovou frézou a válcové nesousledné frézování.

### 4.1 Příklad výpočtu řezných sil pro válcové frézování:

#### Parametry frézy:

$$D_f = 100 \text{ mm}$$

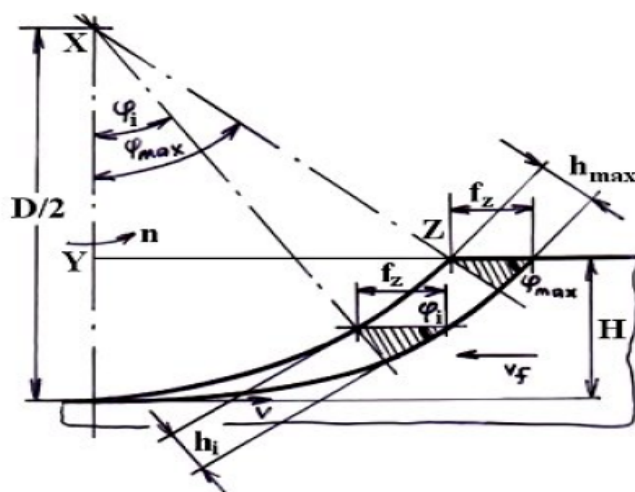
$$f_z = 0,1 \text{ mm}$$

$$H = 7 \text{ mm}$$

$$a_p = 16 \text{ mm}$$

$$C_{Fc} = 1380$$

$$x = 0,72 \dots \text{exponent}$$



Obr. 4.1 Řezné síly – válcové frézování

## Materiál – 11 500

$R_m = 470$  až  $610 \text{ MPa}$

$R_e = 245 \text{ MPa}$

### Výpočtové vztahy:

$$A_{D \max} = a_p \cdot h_{\max} = 16 \cdot 0,051 = 0,77 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

$$h_{\max} = f_z \cdot \sin \varphi_{\max} = 0,051 \text{ mm} \quad (2)$$

$$\cos \varphi = 1 - \frac{2 \cdot H}{D_f} = 0,86 \quad (3)$$

$$\sin \varphi = \frac{2}{D} \cdot \sqrt{D_f \cdot H - H^2} = 0,51 \quad (4)$$

$$k_{c \max} = \frac{C_{Fe}}{h_{\max}^{(1-x)}} = \frac{1380}{0,051^{0,28}} = 3175 \text{ MPa} \quad (5)$$

$$F_{c \max} = A_{D \max} \cdot k_{c \max} = 0,98 \cdot 3175 = 2444,8 \text{ N} \quad (6)$$

Příklad výpočtu je proveden pro nesousledné frézování drážky s šířkou 15 mm a hloubkou 7 mm. Obráběný materiál je nelegovaná ocel s označením 11 500. Vlastnosti materiálu a parametry frézy jsou odečteny ze strojírenských tabulek [12]. Maximální řezná síla  $F_{c \max}$  je pro upínání použitými pneumatickými upínkami příliš vysoká. Při zanedbání třecích sil, kterými na sebe navzájem působí plocha upínače a obrobek, a které ovlivní výsledek podélné řezné síly nástroje, je nezbytné zajistit obrobek velkým množstvím upínek. Při podmínce, že v pneumatickém obvodu je stálý tlak 0,5 MPa bude zapotřebí alespoň 25 upínek. V případě kdy uvažujeme i s třecím odporem bude počet menší. Upínka je volena od firmy SMC ze série MK2 s průměrem pístu 25 mm a teoretickou upínací silou 185 N při daném tlaku. Při výpočtu se zanedbávají pevné dorazy, ke kterým se deskový materiál bude orientovat, a které výrazně ovlivní výslednou podélnou sílu, kterou působí nástroj na daný obrobek. Metoda válcového nesousledného obrábění není v našem případě frézování drážky ekonomická, jelikož k upnutí materiálu bude potřeba velké množství pneumatických upínek. Výpočty jsou provedeny dle [10].

## 4.2 Příklad výpočtu řezných sil pro čelní frézování drážky:

### Parametry frézy:

$$D_f = 16 \text{ mm}$$

$$z = 4$$

$$f_z = 0,06 \text{ mm}$$

$$n = 1000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = 240 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$H = 3 \text{ mm}$$

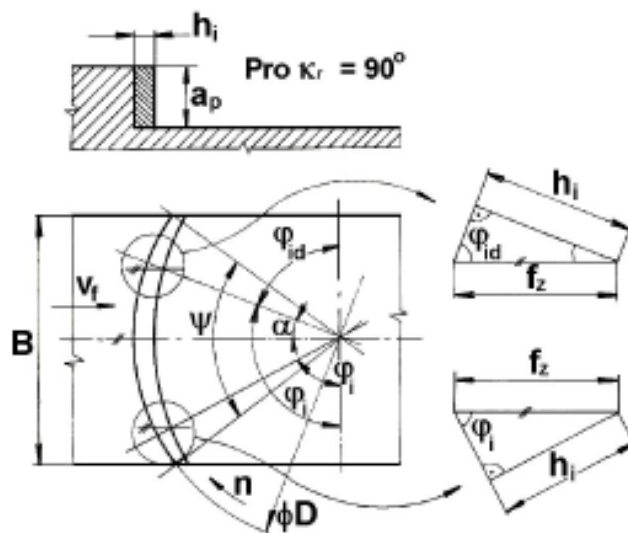
$$C_{Fc} = 1420$$

$$w = 0,26 \dots \text{exponent}$$

$$q = 0,11 \dots \text{exponent}$$

$$\gamma = 10^\circ$$

$$\varphi_i = 40^\circ$$



Obr. 4.2 Řezné síly – čelní frézování

### Výpočtové vztahy:

$$A_{Di} = H \cdot h_i = 3 \cdot 0,04 = 0,12 \text{ mm}^2 \quad (7)$$

$$h_i = f_z \cdot \sin \varphi_i = 0,06 \cdot \sin 40 = 0,04 \text{ mm} \quad (8)$$

$$k_{ci} = \frac{C_{Fe}}{H^W \cdot hi^q} = \frac{1420}{3^{0,26} \cdot 0,04^{0,11}} = 1522 \text{ MPa} \quad (9)$$

$$F_{ci} = A_{Di} \cdot k_{ci} = 0,12 \cdot 1522 = 183 \text{ N} \quad (10)$$

$$F_C = \sum F_{ci} = 366 \text{ N} \quad (11)$$

V případě výpočtu řezných sil pro čelní frézování používáme stejný materiál 11 500 jako pro frézování válcové. Parametry frézy, včetně početních exponentů, jsou brány z [12]. Šířka frézované drážky je stejná jako v předchozí metodě. Při podobných parametrech frézy a rozměrech drážky máme výslednou řeznou sílu až 6,5 krát menší, než u frézování válcového. V případě této metody nebude zapotřebí takové množství pneumatických upínek ze série MK2, jako tomu je u metody první. Pro další návrhy a výpočty volím tedy technologicky i ekonomicky výhodnější metodu čelního frézování. Při výpočtu, stejně jako tomu bylo u metody první, nepředpokládáme podporu pevného dorazu, který je pevně spjat se stolem obráběcího stroje a výrazně ovlivní velikost podélné řezné síly, kterou působí fréza na obrobek. Veškeré výpočty jsou provedeny podle [10].

## 5 Volba pneumatických upínek

Při návrhu a volbě pneumatických upínek vycházíme z výpočtů řezných sil, kterými působí nástroj na materiál. Univerzální stůl je převážně určen pro dokončovací operace, jako je frézování drážek, vrtání děr, broušení funkčních ploch apod. Použití univerzálního stolu je spíše pro sériovou výrobu, jelikož svou konstrukcí a velkou hmotností omezuje svou manipulaci. Pro ukázkou jsou výpočty provedeny pro frézování drážky. Podle výsledků podélných řezných sil volíme množství pneumatických upínek a její teoretickou upínací sílu při daném provozním tlaku. V našem případě jde o frézování drážky 4-břitou čelní drážkovací frézou. Řezná podélná síla při této obráběcí operaci je necelých 400 N. Upínky volím dle katalogu od firmy SMC ze série MK2, jejíž parametry jsou dále popsány v tabulce. Množství pneumatických upínek je dále ovlivněno dimenzováním pro dvouokruhové obvody, které jsou navrženy pro větší bezpečnost a spolehlivost upnutí. V případě výpadku stlačeného vzduchu

v jednom okruhu nám postačí druhý okruh a pokryje veškeré potřebné upínací síly pro danou operaci obrábění. To znamená, že jeden okruh musí mít takový počet upínek s takovou silou, aby výsledná řezná síla při prováděné operaci byla vždy menší, než teoretická upínací síla pneumatických upínek v jednom okruhu [4].

## 5.1 Pneumatické upínky série MK2

Technické údaje:

Ø pístu [mm]	20	25	32	40	50	63
Úhel otáčení [°]	90±10					
Směr otáčení	R: ve směru hodinových ručiček L: proti směru hod. ručiček					
Zdvih při otočení [mm]	9,5		15		19	
Zdvih pro upnutí [mm]	10-20				20-50	
Dovolený moment [Nm]	7	13	27	47	107	182
Teoretická síla upnutí [N]	100	185	300	525	825	1400
Zkušební tlak [MPa]	1,5					
Provozní tlak [MPa]	0,1 až 10					
Mazání	Nevyžaduje se (mažeme-li - olej ISO VG32 dle ISO 3448)					
Přívod vzduchu	M5 X 0,8		Rc 1/8		Rc 1/4	
Upevnění	Průchozími otvory/za spodní přírubu/závity na obou stranách					
Tlumení	Elastomerové					
Tolerance zdvihu [mm]	-0,4 až +0,6					
Střední rychlost pístu [mm/s]	50 až 200					
Úhlová úchylka [°]	±1,2		±0,9		±0,7	

**Tab. 1 Parametry pneumatické upínky**

Z katalogu volím pro danou operaci čelního frézování pneumatické upínky s průměrem pístu 25 mm. V pneumatickém obvodu je provozní tlak 0,5 MPa. Při tomto provozním tlaku mají upínky teoretickou upínací sílu 185 N. Maximální zdvih upínky je 19,5 mm. Další parametry upínky jsou v tabulce, viz výše. V případě potřeby většího tlaku dopočítáme teoretickou upínací sílu upínek pomocí vztahů v kapitole 5.3. Pneumatická upínka je volena nejen podle síly upínacího tlaku, ale také podle rozměrů upínky. V našem případě dokončovacích operací by bylo možno zajistit deskový materiál pouze 4 upínky s průměrem

pístu 40 mm. Jejich výška je ale natolik vysoká, že bychom museli upínky podsadit pod stůl obráběcího stroje. Z hlediska bezpečnosti je lepší zajistit obrobek ve více bodech. Proto je volena upínka s průměrem 25 mm. Tato upínka je díky svým rozměrům minimálně podsazena pod hranu stolu.

## 5.2 Návrh počtu upínek

Počet upínek volíme podle charakteru operace, která je vykonávána na stole obráběcího stolu. V našem případě se jedná o dokončovací operace. Po dohodě s vedoucím bakalářské práce se na ukázkou vypočetly dva možné příklady frézování drážky v kapitole 4. Podle výsledných sil volíme počet pneumatických upínek.

### Pro frézování drážky čelní stopkovou frézou

Podélná síla  $F_{\text{cmax}}$  je přibližně 366 N. Počet pneumatických upínek volím 8 při stálém provozním tlaku 0,5 MPa. Dále je splněna bezpečnostní podmínka pro dvouokruhové upínání, kdy na jeden okruh mají upínky teoretickou upínací sílu až 750 N. Celková teoretická upínací síla je tedy 1500 N. Metoda čelního frézování je vzhledem k nízké podélné síle vhodnější než metoda válcového frézování, kde síly jsou až sedminásobné a bylo by nezbytné použít více upínek.

## 5.3 Teoretické síly válce

ø pístu [mm]	ø pístnice [mm]	Pohyb pístnice	Plocha pístu [cm <sup>2</sup> ]	Provozní tlak [MPa]			
				0,3	0,5	0,7	1
25	12	zasouvání	3,7	112	185	258	370
		vysouvání	4,9	149	245	341	490

Tab. 2 Teoretické síly válce

### Výpočtové vztahy:

Vysouvání pístnice:

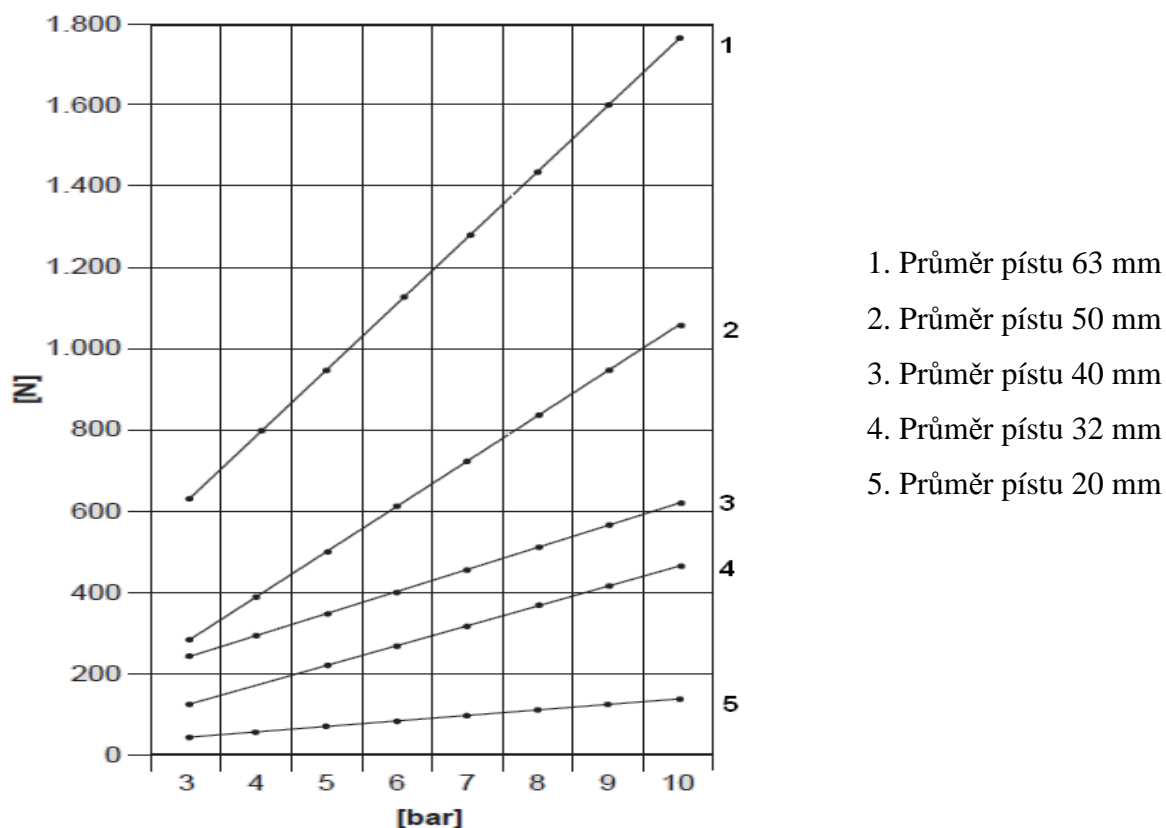
$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \quad (12)$$



Zasouvání pístnice

$$F = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot p \quad (13)$$

**Charakteristika závislosti tlaku na upínací síle:**



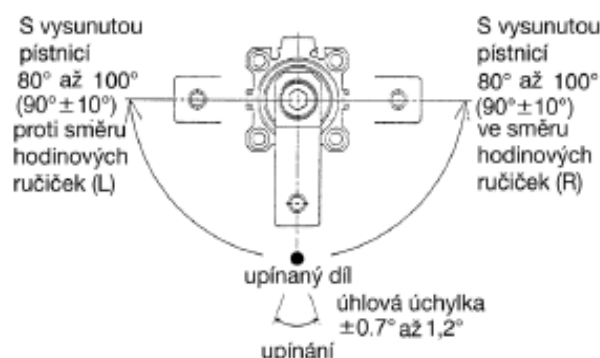
Obr. 5.3 Graf závislosti upínací síly na tlaku

Z grafu lze vidět, že upínací síla roste v závislosti na vzrůstajícím tlaku. Graf zobrazuje tuto závislost pro pět nejpoužívanějších průměrů pístu [11].

#### 5.4 Směr otáčení upínek

Pneumatické upínky se vyrábějí pro oba směry otáčení. V našem případě se upínky budou proti sobě otáčet zrcadlově, tím pádem bude zapotřebí obou směrů otáčení. Pneumatické upínky, které jsou připevněny na pohyblivém dorazu, se budou otáčet proti

směru hodinových ručiček. Upínky na pevné části stolu se budou otáčet ve směru hodinových ručiček [4].



Obr. 5.4 Směr otáčení

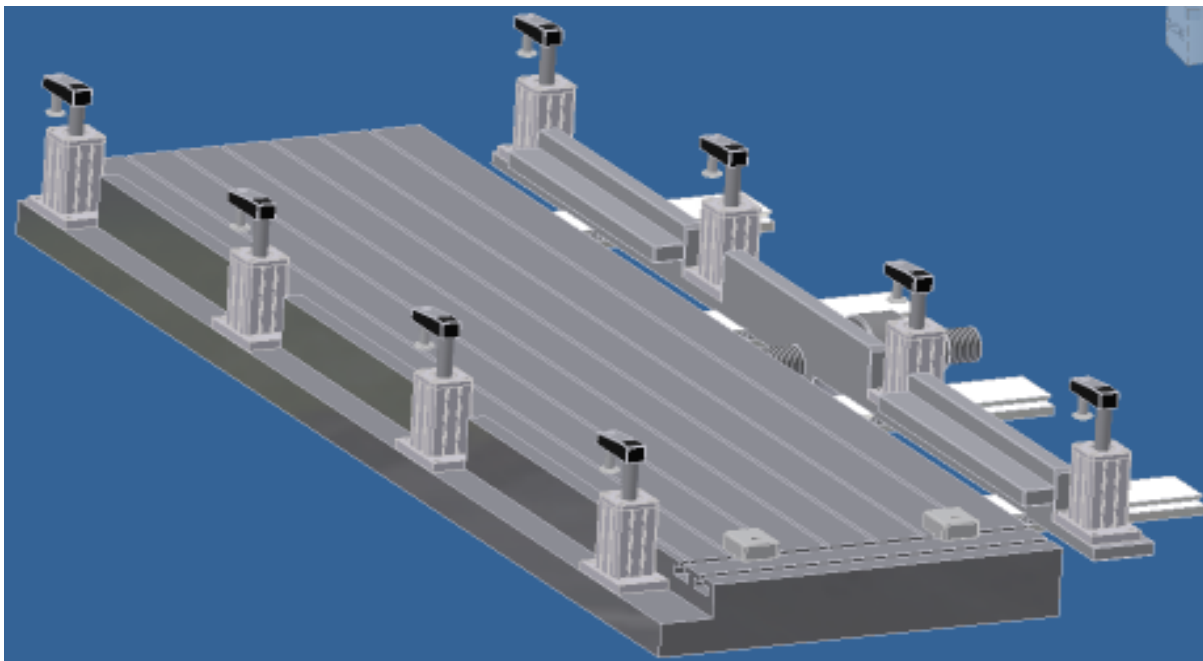
## 6 Návrh univerzálního pneumatického upínače

Stůl pneumatického upínače je navrhnout pro upínání deskového polotovaru. Upínací stůl je vhodný pro upínání obrobků pro dokončovací operace, jako je například frézování drážek, vrtání děr, obrábění funkčních ploch, broušení a další operace. Stůl je vhodný pro velkosériové výroby, jelikož je jeho konstrukce větší, je příliš těžký na každodenní manipulaci. Stůl je umístěn na stole obráběcího stroje, například frézky. Obráběný materiál může být libovolný (dřevo, plast, ocel, hliník, atd.). Dimenzování upínací síly pneumatických upínek je provedeno pro obrábění materiálu z oceli s označením 11 500. Délka materiálu by neměla přesáhnout 1000 mm. Díky pohyblivému dorazu je stůl nastavitelný pro šířky od 300 do 500 mm. Tloušťka materiálu je omezena upínací výškou pneumatické upínky a pohybuje se v rozmezí od 25 mm do 35 mm. Upínaný materiál je z jedné strany zapřen o pevný doraz. Jeho správné podélné upnutí je zaručeno v případě použití malých výměnných dorazů, které se upínají do T drážky. Výměnné dorazy mohou být libovolného tvaru, tím se rozšiřuje použitelnost upínacího stolu a umožňuje nám upínání i materiálu, který nemá na sebe kolmé plochy, například šikmá plocha, kruhová plocha apod. Šířka deskového materiálu se může lišit. Při změně šířky materiálu kopírujeme jeho tvar pomocí posuvného dorazu. Posuvný doraz, který se pohybuje v rybinovitých drážkách je dotahován na šroubu pomocí matice. Pohyblivý doraz se nedotlačuje k materiálu silou. Doraz se přiblíží na minimální vzdálenost k materiálu a dotáhneme matici na šroubu. Tím nám vznikne malá vůle, která nám stačí pro vyjmutí materiálu a jeho následnou výměnu za další kus.

Dorazy nám neslouží k upínání, jako tomu je u svěráku, nýbrž k seřízení obrobku pro následné upnutí upínkami. Upínky jsou částečně podsazeny pod úroveň stolu. Jelikož jsou voleny pneumatické upínky s větší upínací silou, je jejich výška příliš vysoká na upínání deskového materiálu daných rozměrů. Upínky jsou přišroubovány pomocí šroubů k pracovnímu stolu a pohyblivému dorazu. Průměr díry je 6,3 mm.

Tlaková energie je do upínek přiváděna pomocí plastových hadiček. U pevného dorazu může být zajištěna dodávka tlakové energie vedením ve stolu, protože zde nedochází k posuvu žádné části. U pohyblivého dorazu je tlak přiveden hadicemi, jelikož se doraz pohybuje v závislosti na šířce materiálu. Posunování příčného dorazu je realizováno pomocí rybinového vedení. Při přitlačení posuvného dorazu k materiálu se doraz zajistí proti příčnému posunu maticí, která se pohybuje po lichoběžníkovém závitu Tr 30 x 6. Tloušťka upínaného materiálu se může měnit díky nastavitelnému upínacímu čepu, který je našroubován na rameno upínky. Tento čep se vyrábí pro daný průměr upínky do délky 10 mm, případně lze upínat materiál větší tloušťky bez upínacího čepu přímo ramenem upínky. Přípustná kombinace šířky materiálu v závislosti na výměně upínacího čepu a zdvihu pneumatického válce je v našem případě podmíněna i podsazením upínek pod plochu stolu. Podsazení je provedeno o 40 mm z důvodu malé šířky materiálu. V tomto případě může být na stole upínán materiál s šířkou od 25 do 35 mm. V případě potřeby upnutí materiálu s větší šířkou je možné odstranění upínacího čepu a upínat přímo ramenem upínky. V tomto případě může být šířka až 46,5 mm.

Pohyblivý doraz, který se pohybuje na rybinovitých drážkách, má na svém dorazu navařeny podpory, které jsou ve výšce stolu. Tyto podpory slouží k podpěře materiálu, který bude svou šířkou výrazně přesahovat šířku stolu. V případě, kdy bychom upínali materiál s šířkou 500 mm a na pevném dorazu by nebyly navařeny podpěry, upínky na pohyblivém dorazu by měli při upínání tendenci materiál vyvracet proti pevným upínkám na stole obráběcího stroje. To by mohlo způsobit nerovnoměrné upnutí, které by mohlo vést k výrobě zmetků.



**Obr. 6.1 Zadní pohled na stůl**

Malé výměnné dorazy jsou proti příčnému posunu v T drážce zabezpečeny šroubem s vnitřním pětihranem. Použitý šroub M6 x 35 ISO 4762 – 12.9. K dotahování použijeme imbusový klíč pro daný průměr šroubu.

## **7 Návrh pneumatického obvodu**

Pneumatický obvod lze navrhnout několika způsoby. Z bezpečnostního hlediska je do obvodu zahrnuta řada opatření, které omezují možnost vzniku úrazu obsluhy nebo havárie pneumatického obvodu. Obsluha pneumatického zařízení musí ovládat upínání obrobku pomocí stisku dvou tlačítek, které jsou od sebe vzdáleny na takovou vzdálenost, aby obsluha nemohla spustit operaci upínání obrobku jednou rukou. V případě upínání na stisk jednoho tlačítka by mohlo dojít k tomu, že by obsluha stroje měla položenou druhou ruku v pracovním prostoru upínek a po stisku tlačítka pro upnutí by mohlo dojít k úrazu.

### **7.1 Rozváděče**

Jsou to prvky, kterými v pneumatickém obvodu můžeme měnit směr proudu nebo jej zcela uzavřít. Nejpoužívanější jsou v aplikacích řízení směru a přerušování dodávky

stlačeného vzduchu do pneumatického motoru, neboli řízení motoru. Rozváděče rozdělujeme na šoupátkové a ventilové. Nejpoužívanější jsou rozváděče šoupátkové.

### 7.1.1 Volba rozváděče

Rozváděč volím vzhledem k možnostem ovládání pneumatického upínání. Pro ovládání upínek volím rozváděč dvupolohový pěticestný, neboli 5/2. Pro návrh jednookruhového obvodu nám bude stačit pouze jeden rozváděč. Při volbě dvouokruhového obvodu, které je z hlediska bezpečnosti výhodnější, bude zapotřebí až tří rozváděčů 5/2, z nichž jeden posílá řídicí signál do každého okruhu, kde pneumaticky ovládá jednu stranu rozváděče, který dále umožňuje přímé spojení tlakové energie s pneumatickými upínkami. Rozváděče volím od firmy SMC model SYJA5220-M5 jehož parametry jsou popsány v tabulce [4].

#### Parametry rozváděče

Připojovací port	Rozsah provoz. Tlaků (MPa)	Průtok ln/min (Cv)	Funkce	Hmotnost (g)	Max. teplota (°C)
M5 x 0,8	0,1 - 0,7	197 (0,2)	bistabilní	60	60

Tab. 3 Parametry rozváděče



Obr. 7.1 Rozváděč 5/2

### 7.2 Logická funkce „AND“

Funkce „AND“ je v obvodu použita pro součin signálů. Mají dva vstupy X a Y a jeden výstupní člen A. V případě, že přijde tlak pouze do jednoho ze vstupů X a Y, vnitřní šoupátko se uzavře. Klasickým příkladem je dvoutlačítkové ovládání hydraulického lisu. Obsluha spouští operaci lisování na stisk dvou tlačítek z důvodu, aby nedošlo ke zranění obsluhy při manipulaci v operačním prostoru lisu [4].

## Parametry logické funkce

Typ - VR1211F-06

Průměr hadice (mm) – 6

Průtok (Nl/min) - 150

Maximální provozní tlak (MPa) – 1

Minimální provozní tlak (MPa) – 0,05

## 7.3 Jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu

Výroba stlačeného vzduchu a rozvod vzduchu potrubím bývá doprovázen znečištěním mechanickými nečistotami, prachem, vlhkostí, mazivem apod. Velké procento poruch pneumatických prvků je způsobeno špatnou filtrací. K filtraci hrubých částic nečistot dochází již v kompresoru. Pokud je třeba filtrace důkladnější, umísťujeme do pneumatického obvodu filtry s požadovanou přesností filtrace. Nejčastější použití je kombinace regulátor tlaku, filtru a maznice [4].

Z katalogu volím jednotku pro úpravu stlačeného vzduchu od firmy SMC typ AC10A jehož parametry jsou dále v tabulce.

## Parametry jednotky pro úpravu stlačeného vzduchu

Velikost		AC10A
Kombinace	Filtr/Regulátor tlaku	AW10
	Maznice	AL10
Připojovací závit		M5 x 0,8
Médium		Stlačený vzduch
Zkušební tlak		1,5 MPa
Max. provozní tlak		1,0 MPa
Teplota média a okolí		-5 do 60°C
Poréznost filtrační vložky		5 µm
Doporučený olej		turbínový olej ISO VG32 dle ISO 3448
Konstrukce regulátoru		s odvzdušněním
Hmotnost (kg)		0,59
Závit pro manometr		G1/8

Tab. 4 Parametry jednotky pro úpravu vzduchu

## 7.4 Jednosměrné řízené ventily

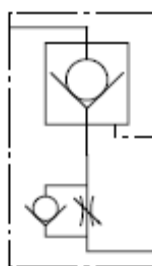
Jejich použitím v obvodu dosáhneme bezpečnosti v případě výpadku stlačeného vzduchu. V případě výpadku stlačeného vzduchu fungují jako klasické jednosměrné ventily, kdy zapadne kulička, nebo kuželka do sedla a nepustí stlačený vzduch z upínky pryč. Jsou stoprocentně těsné, ale možnost úniku samozřejmě závisí na kvalitě výroby prvku. Tento prvek volím taktéž od firmy SMC typ ASP430F-01-06S z řady ASP. Prvek je realizován v kombinaci se škrtkicím a jednosměrným ventilem pro regulaci rychlosti [4].

### Parametry ventilu

Závit	Hadice Ø (mm)	Průtok (l/min)	Max. provozní tlak (MPa)	Min. provozní tlak (MPa)	Teplota (°C)	Materiál hadice	Rozsah nastavení regulační jehly
M5 x 0,8	6	180	1	0,1	-5 až 60	polyuretan	10 otáček

Tab. 5 Parametry ventilu

### Značení zpětného ventilu



Obr. 7.4 Grafické značení

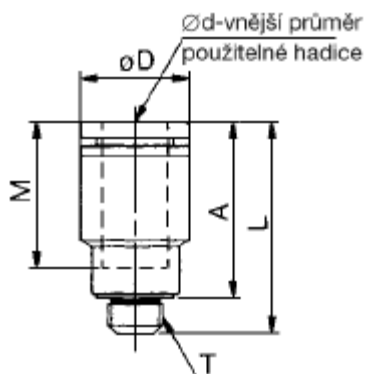
## 7.5 Spojky a šroubení

Prvky, které jsou zvolené, mají vždy na vstupu i výstupu závit, který slouží k připojení potrubí se stlačeným médiem. Pro lepší manipulaci se zařízením a lepší a rychlejší možnosti opravy jsou závity opatřeny spojkami, do kterých se nasouvají plastové hadičky. Spojky jsou voleny od firmy SMC ze série KJS typ KJS06-M5. Další parametry jsou popsány v tabulce 6 [4].

## Tabulka parametrů zvolené spojky

$\varnothing d$ (mm)	závit T	H (velikost klíče)	$\varnothing D$ (mm)	L	A	M	Hmotnost (g)
6	M5 x 0,8	2,5	10	19,5	16,4	13,5	3,3

Tab. 6 Parametry šroubové spojky



Obr. 7.5 Šroubová spojka

## 7.6 Plastové hadice

Hadice používáme pro kompletní propojení všech komponentů v obvodu. Jelikož má univerzální upínač pohyblivou část, na které jsou upevněny pneumatické upínky, bude potřeba pružného vedení stlačené energie. Pevná část stolu může být řešena potrubním systémem. Hadice volím od firmy SMC z katalogu prvků. Z katalogu volím polyuretanovou hadici typ TU, jejíž parametry jsou uvedeny níže. Hodnoty jsou odečteny pro provozní teplotu 20°C [4].

### Parametry zvoleného polyuretanového vedení

Typ	TU0604
Vnější $\varnothing$ (mm)	6
Vnitřní $\varnothing$ (mm)	4
Min. poloměr ohybu (mm)	15
Provozní tlak	0,8 MPa
Rozsah prov. Teplot	-20 až 60°C
Materiál	polyuretan

Tab. 7 Parametry vedení



## 7.7 Snímač tlaku

Snímače tlaku slouží v obvodu pro kontrolu upínací síly z hlediska bezpečnosti. Snímače volím od firmy SMC. Například elektronický tlakový snímač z řady ZSE30/ISE30. Elektronický snímač je s dvoubarevným displejem a s indikací požadovaného tlaku. Jelikož tyto snímače potřebují napájení, nemusí být jejich použití příliš praktické. Jejich přívodné napájecí kabely by mohli v pracovním prostoru zavazet. Proto volím možnost použití klasického manometru. Výhodou elektronických snímačů je přesné zobrazení upínacího tlaku, které se zobrazuje na displeji v příslušné barvě [4].

### Parametry snímače

Tlak – 0 až 1 MPa

Napájení – 12 až 24 V DC

Teploty – 0 až 50°C

Spínací výstup – PNP, NPN

## 8 Spotřeba stlačeného vzduchu

Spotřeba vzduchu se počítá nejčastěji pro periodicky pracující pneumatické motory. Výpočet je proveden pro jeden zdvih pneumatické upínky. Pro zjištění spotřeby vzduchu pro celkové upnutí, vynásobíme spotřebu počtem použitých pneumatických upínek.

$$V_{1N} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H + \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot H = 9,327 \cdot 10^{-6} + 2,522 \cdot 10^{-6} = 1,185 \cdot 10^{-5} m^3 \quad (14)$$

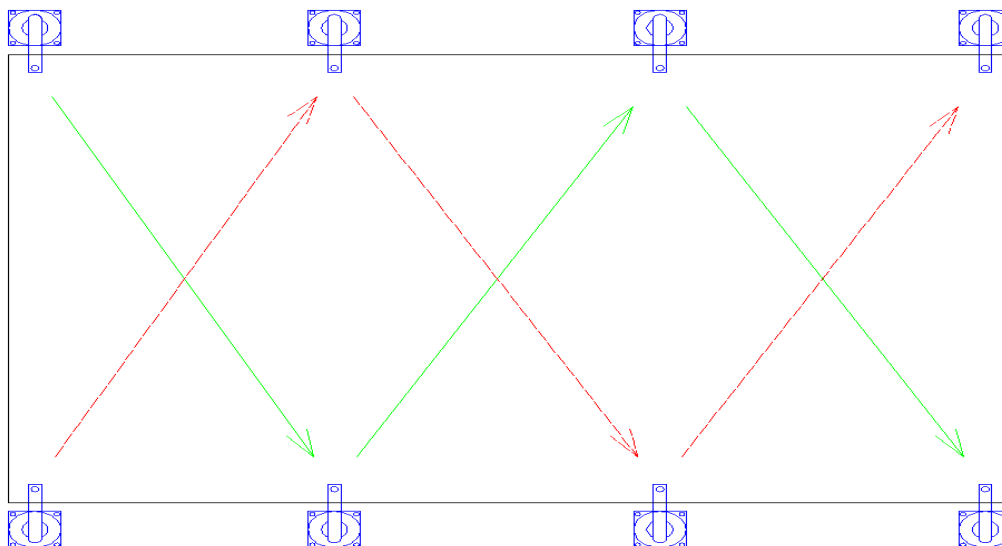
$$V_C = V_{1N} \cdot 8 = 1,185 \cdot 10^{-5} \cdot 8 = 9,478 \cdot 10^{-5} m^3 \quad (15)$$

$$V_N = V_C \cdot \frac{Pa}{Pn} \cdot \frac{Tn}{T} = V_C \cdot \frac{Pa}{Pn} = 9,478 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{600000}{10^5} = 5,688 \cdot 10^{-4} m^3 \quad (16)$$

Teplota okolí se uvažuje 20 °C, tudíž v přepočtu spotřeby na normální podmínky dále s teplotou nepočítám [1].

## 9 Pneumatické obvody

### 9.1 Schéma dvouokruhového obvodu



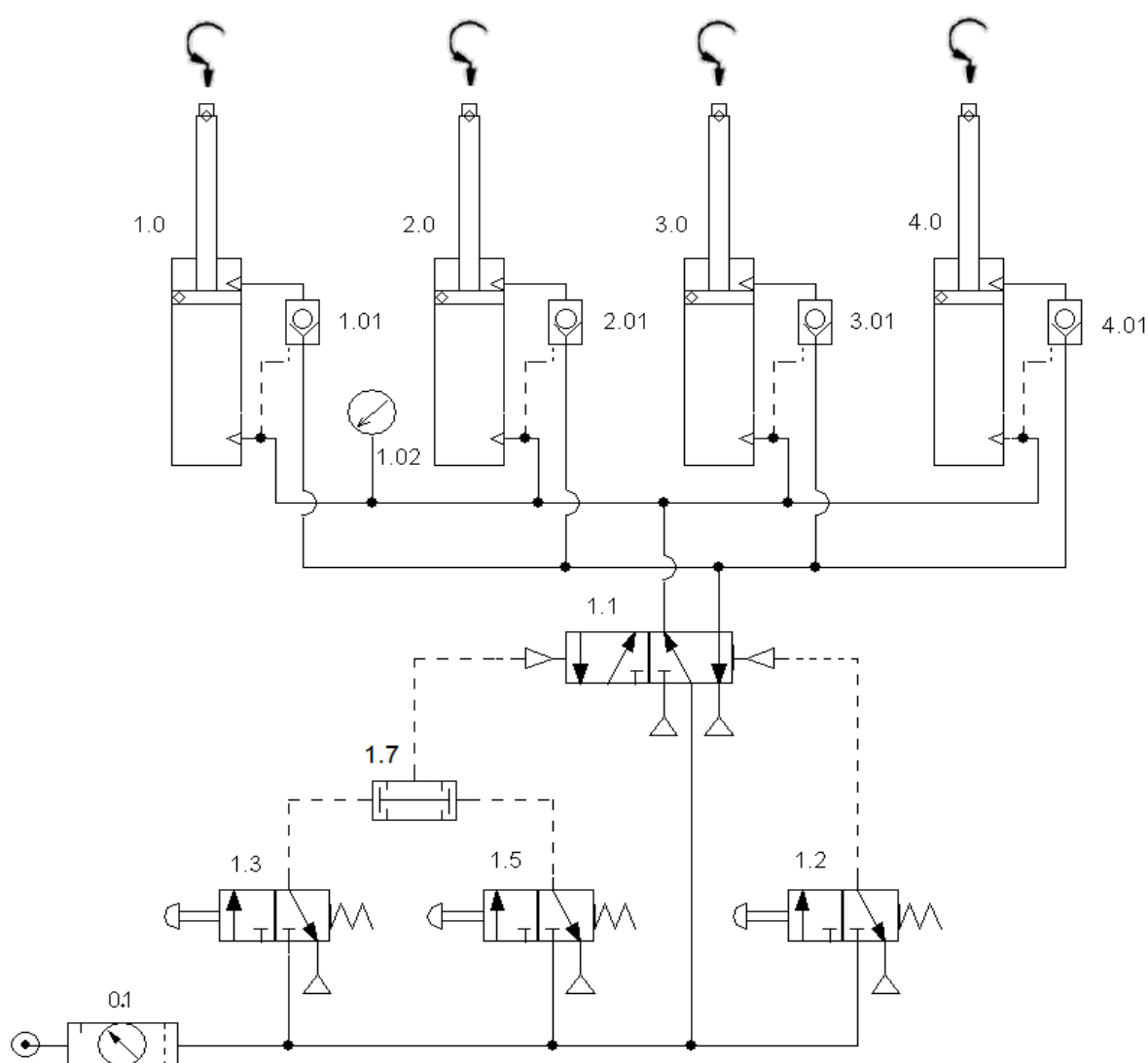
Obr. 9.1 Schéma dvouokruhového vedení

Na schématu je ukázáno propojení pneumatických okruhů. Při výpadku stlačené energie budou vždy na každé straně dvě funkční upínky, které budou zaručovat stoprocentní upnutí bez podélného posunu materiálu.

### 9.2 Pneumatický obvod jednookruhový

V prvním schématu je ovládání pomocí stisku dvou tlačítek současně. Tlačítek 1.3 a 1.5. S takzvanou funkcí AND, s označením 1.7, dojde ke sloučení signálu a přestavení rozvaděče 1.1. Po přestavení rozvaděče 1.1 do otevřené polohy proudí stlačený vzduch skrze rozvaděč do upínek a dochází k upínání materiálu. Uvolnění materiálu je provedeno jedním tlačítkem s označením 1.2, které je z bezpečnostních důvodů zakrytováno otočnou plastovou krytkou, aby nedošlo ke kolizi při nechtěném stisku tlačítka a případně následnému zranění obsluhy. Upínací tlak je sledován pomocí manometru, který je umístěn na tlakové větvi za rozvaděčem. Případné selhání zdroje stlačeného vzduchu je řešeno pomocí řízených jednosměrných ventilů, které zamezí průchodu stlačeného vzduchu pryč z upínky. Při stisku tlačítka 1.2 pro uvolnění materiálu se přestaví rozvaděč 1.1 do původní polohy. Tlaková energie proudí skrze rozvaděč přímo do upínek, kde tlačí na spodní stranu pístu. Výstup z upínky je blokován řízenými jednosměrnými ventily. Při vzrůstu tlaku na spodní straně pístu dojde ale k uvolnění

kuličky ze sedla řízených jednosměrných ventilů a dochází k volnému průtoku vzduchu. Po uvolnění kuličky dochází tedy k otevření upínky. Celý cyklus se opakuje opět po současném stisku tlačítek 1.3 a 1.5. Jednosměrné řízené ventily jsou umístěny u všech pneumatických válců dle schématu. Schéma zapojení je ukázkově provedeno pro 4 pneumatické upínky. Při použité metodě čelního drážkování by se zde paralelně zapojily další 4 upínky pro zaručení požadované bezpečnosti. Obvod je proti kolizi zabezpečen pouze jednosměrnými ventily, které v případě poruchy nepustí stlačený vzduch ven z válce. Pokud by ovšem došlo k poruše během upínání, musí se celé zařízení vypnout, porucha nalézt a opravit. Proto jednookruhové obvody z hlediska bezpečného provozu nejsou vhodné.



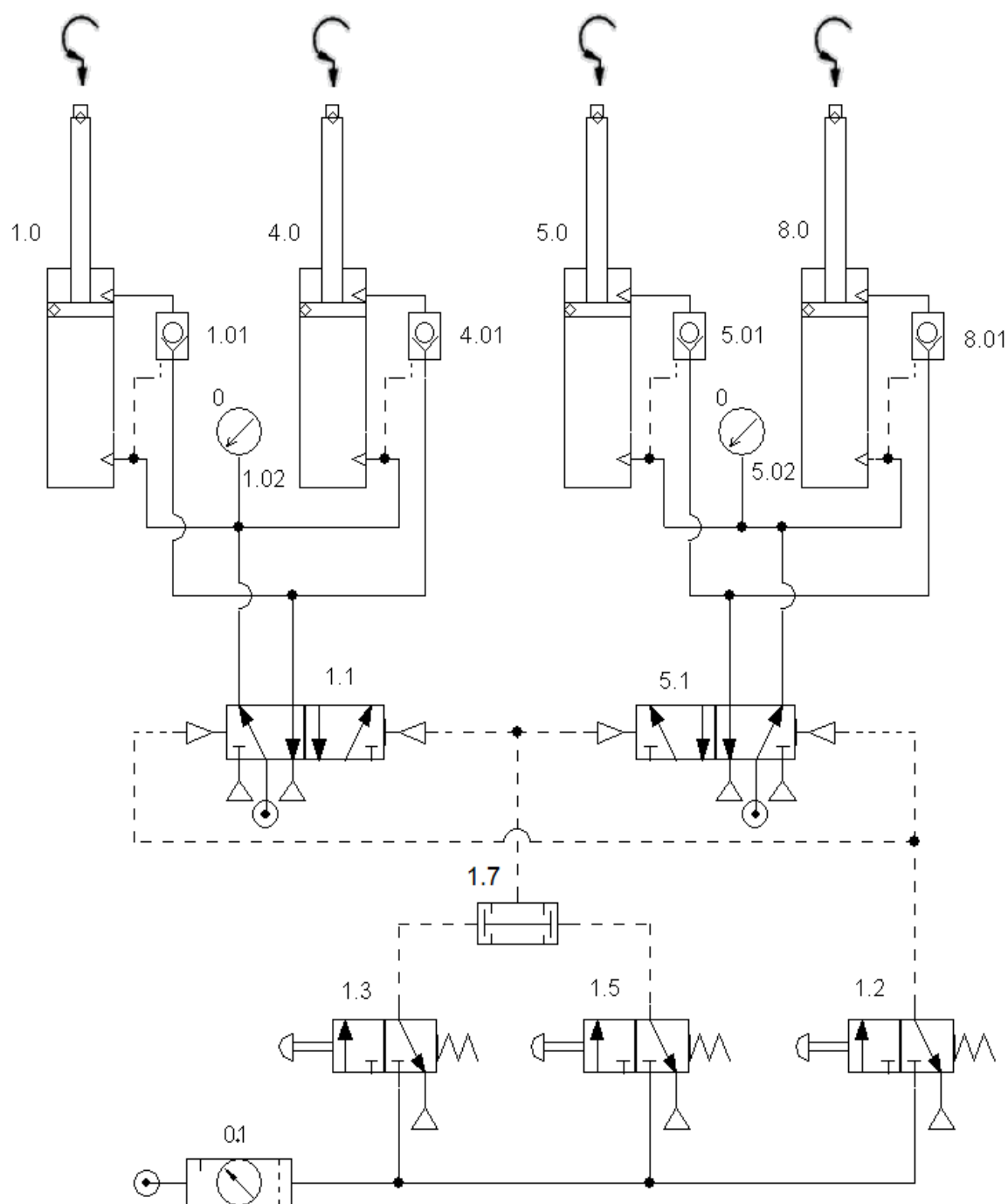
**Obr. 9.2 Schéma obvodu jednookruhového**

## 9.3 Pneumatické obvody dvouokruhové

### 9.3.1 Obvod ovládán třemi spínači

A) V prvním případě je pneumatický obvod zabezpečen proti výpadku stlačeného vzduchu dvouokruhovým vedením. Obvod je rozdělen na dvě části pomocí dalšího rozvaděče. Každá část je nadimenzována tak, aby v případě výpadku jednoho okruhu pneumatického vedení dokázala udržet obrobek v dané poloze i při vykonávání některé z obráběcích operací, bez jakéhokoliv vychýlení. Ovládání upínání je pomocí dvou tlačítek a logickou funkcí AND, které nám zaručují větší bezpečnost obsluhy, jako v předchozím schématu. Uvolnění obrobku je pomocí jednoho tlačítka, zabezpečeného plastovým otočným krytem proti nechtěnému stisku.

Upínání je provedeno pomocí dvou tlačítek 1.3 a 1.5. Při současném stisku dojde ke sloučení signálu v logické funkci „AND“ s označením 1.7. Výstup z „AND“ dále pokračuje a představuje 2 rozvaděče do otevřené polohy. Jsou to rozvaděče 1.1 a 5.1. Tlaková energie dále proudí skrze rozvaděč přímo do pneumatické upínky přes jednosměrné řízené ventily a působí na vrchní stranu pístu. Dochází k upínání materiálu. Uvolnění materiálu je opět pomocí třetího tlačítka, které je pro větší bezpečnost zakrytováno. Při stisku tohoto tlačítka 1.2 dochází k přestavení do otevřené polohy a následně stlačený vzduch působí na oba rozvaděče 1.1 a 5.1, které přestavuje do původní polohy. Vzduch proudí skrze rozvaděče přímo do pneumatické upínky a tlačí na spodní stranu pístu. Dále tlaková energie uvolní kuličku ze sedla řízených jednosměrných ventilů a dochází k volnému průtoku vzduchu na výstupu z upínek. Pneumatické upínky uvolňují materiál. Schéma je ukázkově v provedení dvou pneumatických upínek na jeden okruh. Pro dodržení požadované bezpečnosti a dimenzování pro čelní frézování bychom doplnily paralelně každý obvod o 2 pneumatické upínky. Při výpadku jednoho okruhu nám postačí upínací síla druhého okruhu k upínání materiálu po celou dobu obráběcí operace. V porušeném pneumatickém okruhu nám upínky udržují v upnuté poloze řízené jednosměrné ventily, které nepustí stlačený vzduch pryč z upínky. Návrh obvodu s použitím dvou okruhů je z hlediska bezpečnosti lepší, než obvody jednookruhové.

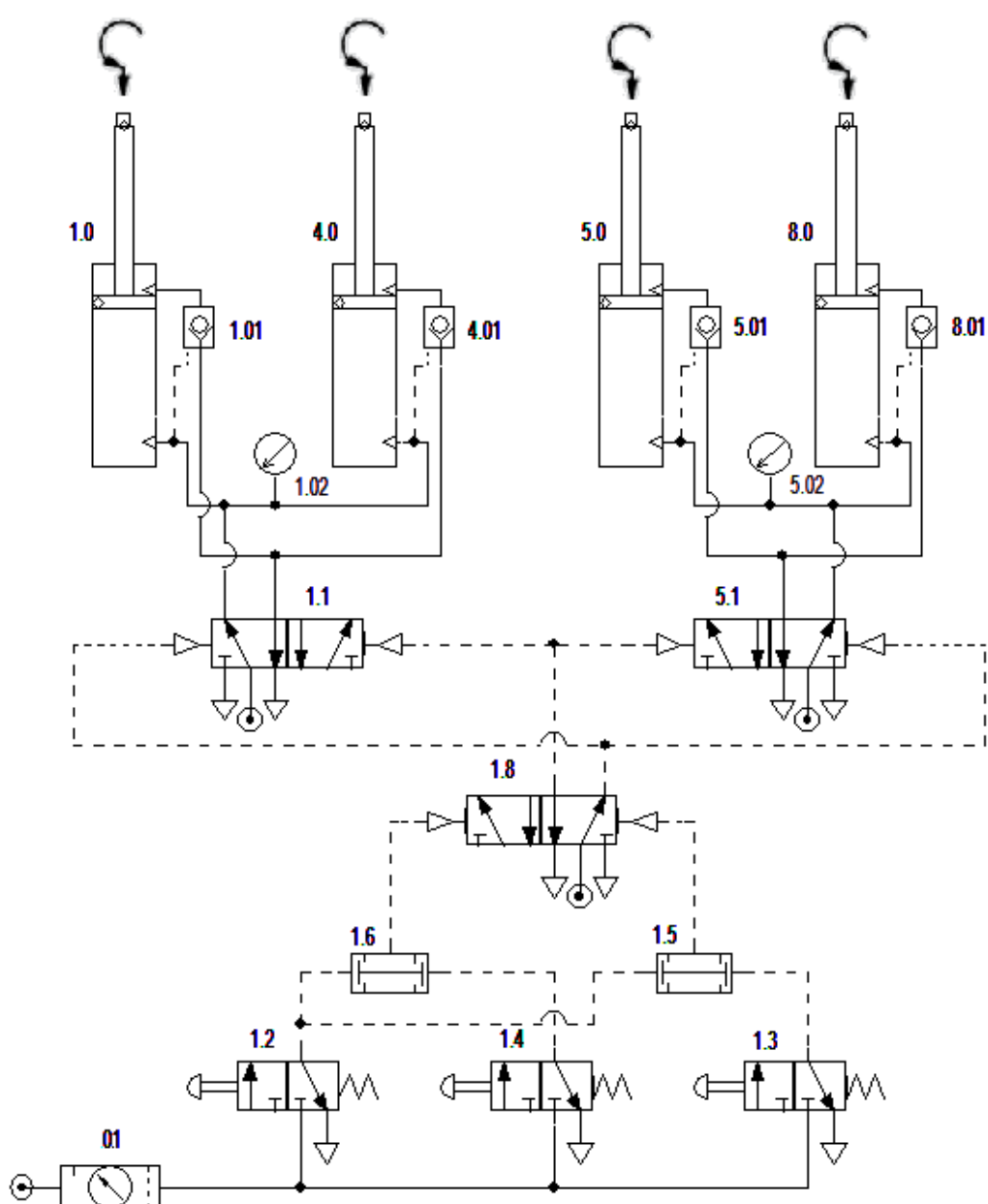


**Obr. 9.3 Schéma obvodu dvouokruhového**

B) Obvod je řešen podobným způsobem jako na obr. 9.3. Rozdíl tvoří dvoutlačítkové ovládání upnutí i uvolnění. Na stisk tlačítek 1.2 a 1.4 dojde ke sloučení signálu pomocí funkce „AND“ 1.6, která dále přímo přestavuje rozváděč 1.8. Tento rozváděč přesune rozváděče 1.1 a 5.1 do polohy druhé. Dochází k upnutí materiálu. Uvolnění materiálu se provede pomocí

současného stisku tlačítek 1.2 a 1.6. Kde v logickém součinu 1.5 dochází ke sloučení a přestavení rozváděče 1.8 do původní polohy. Stlačený vzduch působí na rozvaděče 1.1 a 5.1 a vrací je zpět do původní polohy. Dochází k uvolnění materiálu.

Tento obvod byl zapojen ve školní laboratoři a s vedoucím bakalářské práce se zhodnotil jako nejjednodušší a nejvhodnější řešení ovládání pneumatických upínek na univerzálním stole. Praktické zapojení je dále popsáno v kapitole 10.

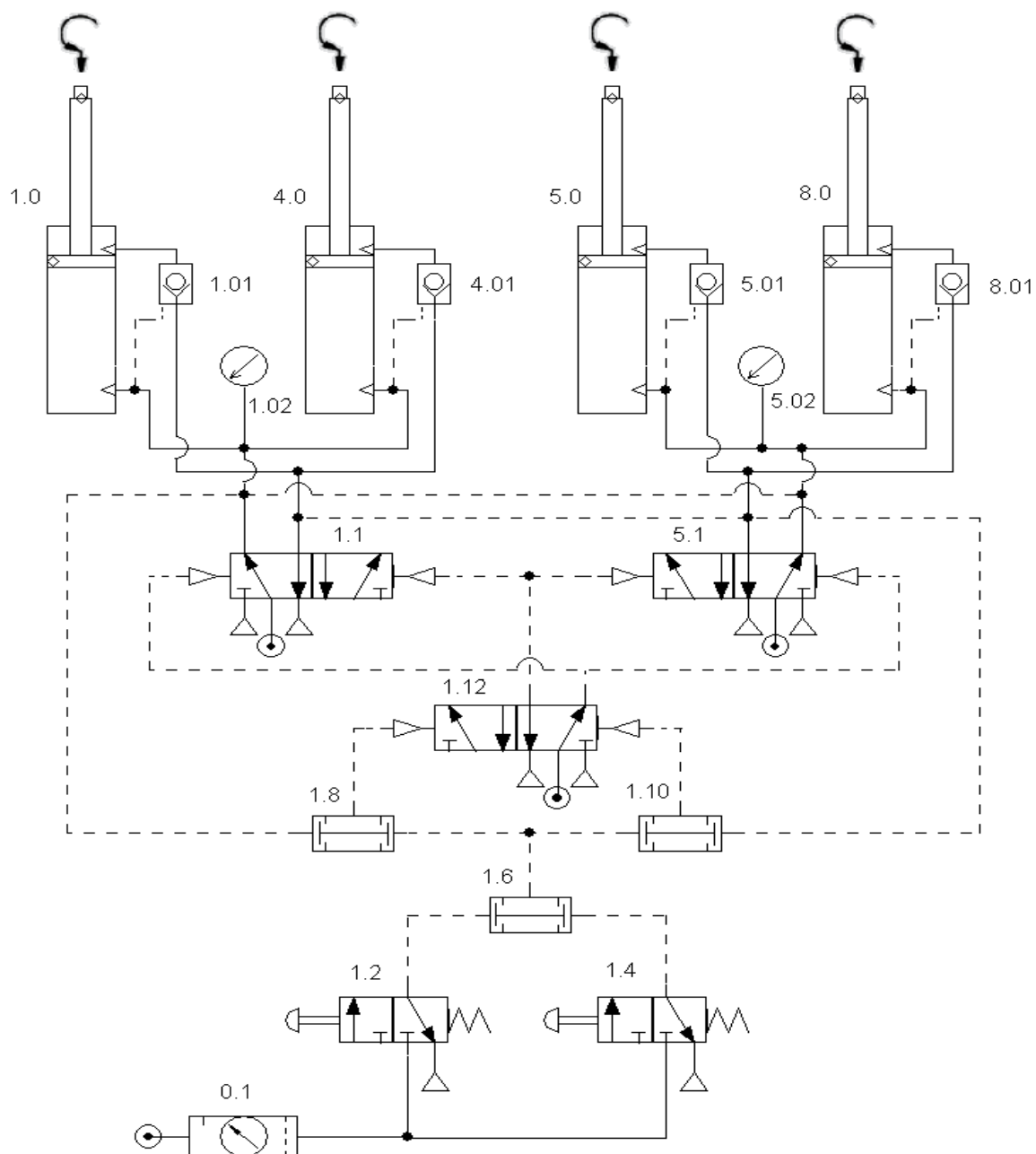


Obr. 9.4 Pneumatické schéma nejlepšího řešení

### 9.3.2 Obvod ovládán dvěma spínači

A) Pneumatický obvod je oproti výše uvedeným řešen pouze na stisk dvou tlačítek 1.2 a 1.4, které zajišťují jak upínání obrobku, tak jeho uvolnění. Obsluha stroje upne materiál na stisk dvou tlačítek. Ty se spojí na jeden výstupní signál pomocí logické funkce „AND“ s označením 1.6. Výstupní signál dále ovládá další dvě logické funkce „AND“ a to 1.8 a 1.10. Funkce „AND“ 1.8 je ovládána tlakem, který po celou dobu působí na píst upínky a drží ji v horní otevřené poloze. Na druhou logickou funkci „AND“ 1.10 působí tlak ze stisku dvou tlačítek, ale druhý vstup, díky kterému by došlo ke sloučení a následnému přestavení rozváděče, je připojen na větev pro upínání materiálu, která je momentálně bez tlaku. Po prvním současném stisku tlačítek dojde tedy k přestavení rozváděče 1.12, který dále přestavuje dva rozváděče 1.1 a 5.1. Po přestavení rozváděčů dochází k plnění válce a upínání materiálu. Tlak je snímán pomocí manometru na tlakové větvi. Při opětovném stisku tlačítek dochází k sloučení signálu na funkci „AND“ 1.10, kde výstupní tlak přestaví rozváděče 1.1 a 5.1 do výchozí polohy. Následuje průtok stlačeného vzduchu skrze rozváděče do upínek a dochází k uvolnění materiálu. Obvod je kromě dvoutlačítkového ovládání zabezpečen dvouokruhovým vedením, které zaručuje upnutí materiálu v případě poruše jednoho z okruhů. Dalším bezpečnostním prvkem při výpadku stlačeného vzduchu jsou jednosměrné řízené ventily, které udržují upnutý materiál v případě celkového výpadku stlačeného vzduchu při obrábění. Schéma je názorně zobrazené pro dvě pneumatické upínky, každá figuruje pro jiný okruh. V našem případě dimenzování sil pro upínání při frézování drážek bychom každý okruh paralelně doplnily o tři pneumatické upínky, které budou zaručovat podmínku správného dimenzování.

Schéma bylo zapojeno ve školní laboratoři, kde se ověřovala jeho funkčnost. Obvod byl sestaven v programu Automation Studio 3.0.5, kde se ukázalo, že obvod je zcela funkční. Po praktickém zapojení na trenažérech SMC se objevil problém s tlakem v řídicích větvích, který způsoboval to, že přicházel řídicí signál do obou logických prvků „AND“ 1.8 a 1.10 současně. V tomto případě po stisku tlačítek 1.2 a 1.4 došlo k průtoku stlačeného vzduchu přes logické funkce „AND“ přímo na přestavení rozváděče 1.12 současně z obou stran a stlačený vzduch způsoboval rychlé kmitání rozváděče, který se po čase zadrhl. Z důvodů nežádoucích tlaků v řídicích větvích by se pneumatický obvod musel řešit jiným způsobem, např. použitím zpoždění signálu na obě řídicí větve, což je už ekonomicky více nákladné.

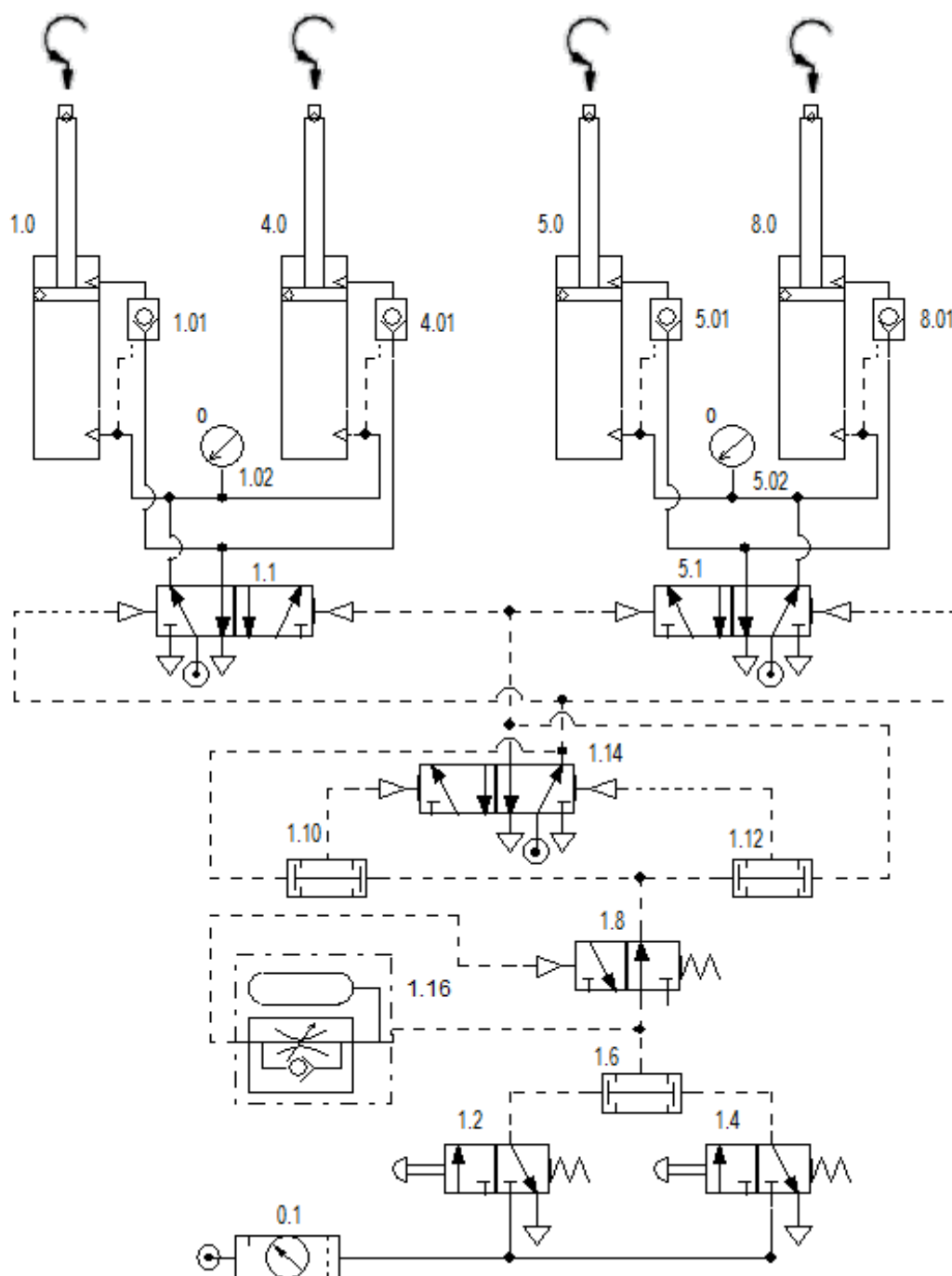


**Obr. 9.5 Obvod se dvěma spínači**

B) Poslední možností je pneumatický obvod ovládán současným stiskem tlačítek 1.2 a 1.4. V logické funkci „AND“ dojde ke sloučení signálů. Stlačený vzduch dále proudí do rozváděče 1.8, který je v základní poloze otevřen, ale také do časového relé s označením 1.16. Výstup z časového relé představuje monostabilní rozváděč 1.8. Výstup z rozváděče 1.8 dále pokračuje na dvě logické funkce 1.10 a 1.12. Nad rozváděčem 1.14 jsou připojeny řídicí větve, které působí na druhé strany logických funkcí „AND“ 1.10 a 1.12, jehož výstupy



přestavují rozváděč 1.14. Výstupy z tohoto rozváděče působí na rozváděče 1.1 a 5.1, které způsobují upínání a uvolnění materiálu. Obvod je klasicky zabezpečen proti výpadku stlačeného vzduchu jednosměrnými řízenými ventily. Schéma bylo nakresleno v softwaru Automation Studio 3.0.5 a bylo vyzkoušeno jeho praktické zapojení ve školních laboratořích na trenažérech firmy SMC. Popis praktického zapojení je dále stručně řešeno v kapitole 10.

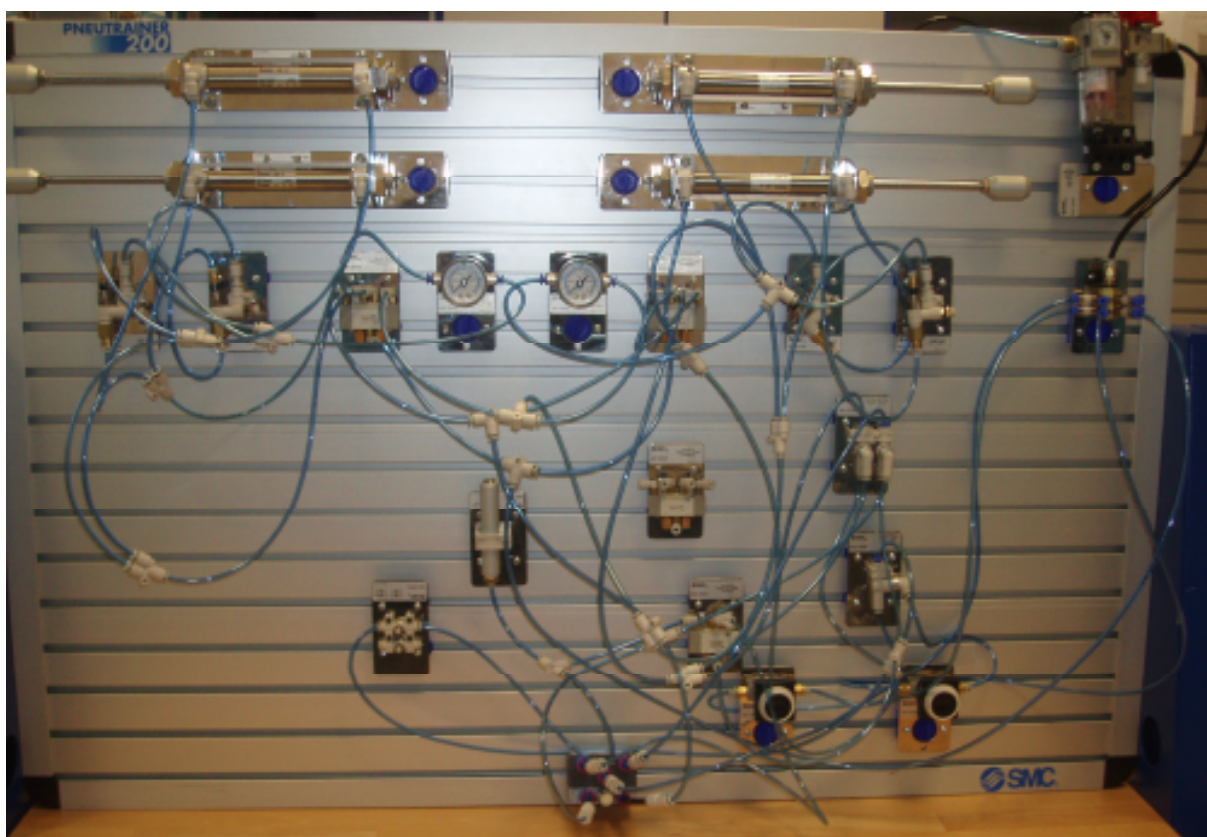


Obr. 9.6 Obvod se dvěma spínači

## 10 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ

Pneumatické obvody, které byly navrženy v programu Automation Studio 3.0.5 byly ověřeny prakticky v laboratoři na trenažérech SMC. Pro ukázkou byly zapojeny dva obvody.

### A) Obvod ovládán dvěma spínači



**Obr. 10.1 Obvod ovládán dvěma tlačítky**

Obvod byl navrhnut v systému Automatio Studio, kde se pomocí simulace ukázalo, že je obvod funkční. V praktickém zapojení se však vyskytl problém, který se týká zpoždění signálu v časovém relé, které přepíná funkční polohy rozváděče. Díky citlivému škrticímu ventilu se obtížně nastavuje potřebná časová prodleva pro opětovný stisk tlačítek. Pro obvod byl použit jiný rozváděč, jelikož navržený rozváděč od SMC reagoval špatně. V našem případě se podařilo daný obvod zapojit a zprovoznit pouze pro jeden ze dvou zkoušených rozváděčů. Obvod je ve výsledku funkční, ale vzhledem k vyskytujícím se problémům s nastavením citlivého škrcení časové prodlevy a změny rozváděče není zvolen jako vhodný pro praktické užití v provozu.

## B) Obvod ovládán třemi spínači



**Obr. 10.2 Obvod ovládán třemi tlačítky**

Obvod je též jako předchozí obvody navrhnout v počítačovém softwaru Automation Studio, kde se pomocí simulace vyzkoušela funkčnost. Obvod byl zapojen dle schématu, viz kapitola 9.3.2. Popis principu funkce je popsán v téže kapitole. Po připojení tlakové energie se ukázalo, že obvod je zcela funkční bez jakýchkoliv problémů. Nevýhoda tohoto zapojení je pouze to, že na ovládací (palubní) desce přibude jedno tlačítko pro ovládání upnutí a uvolnění materiálu. Obvod je jednoduchý a po domluvě s vedoucím bakalářské práce byl shledán jako nejlepším řešením obvodu pro navržený pneumatický univerzální upínač.

## 11 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout univerzální pneumatický upínač. Tento upínač by měl být použitelný pro upínání materiálu při nejrůznějších operacích. Jako je frézování, vrtání, broušení, svařování atd.

V zadání bakalářské práce není přesně definováno, o jakou operaci obrábění se jedná. Zvolil jsem proto na ukázkou operaci frézování drážek. Vypočítal jsem řezné podélné síly, jakými nástroj působí na materiál a to pro dvě metody frézování. Pomocí těchto výpočtů jsem zvolil množství pneumatických upínek, s ohledem na bezpečnost. Pneumatickou upínku jsem zvolil dle dohody s vedoucím a konzultantem bakalářské práce. Dohodli jsme se na upínání materiálu pomocí upínky kombinující lineární a rotační pohyb. Průměr pneumatické upínky byl volen podle výsledných řezných sil.

Dále se práce soustřeďuje na návrh univerzálního stolu, který se pokládá na pracovní stůl frézky. Tento univerzální stůl jsem vymodeloval pomocí 3D programu Autodesk Inventor. Univerzální upínač je svou konstrukcí a velkou hmotností spíše určen pro sériové výroby, jelikož svými parametry neumožňuje každodenní manipulaci. Upínač je navrhnut pro rozměry materiálu, které jsme zvolili s vedoucím bakalářské práce.

Práce se dále zabývala návrhem pneumatického obvodu, kterým je ovládáno upínání či uvolnění materiálu. Pro ukázkou bylo sestrojeno několik schémat možného řešení obvodu. Principy a parametry použitých prvků v obvodu jsou popsány v rámci kapitoly návrhu pneumatického obvodu.

V neposlední části bakalářské práce jsme vybrané pneumatické obvody zkusili zapojit v laboratoři a ověřit jejich funkčnost. Výsledky tohoto praktického ověření je v kapitole 10. Zde jsme zjistili, že i při návrhu obvodu a jeho vyzkoušení pomocí simulace v programu Automation Studio, nemusí v reálném zapojení být vše zcela funkční.

V poslední řadě jsem spočítal celkovou spotřebu vzduchu na jeden zdvih pro počet použitých upínek. Při návrhu univerzálního pneumatického upínače jsem bral ohled na to, aby byl jednoduše ovladatelný, nenáročný na údržbu, bezpečný pro obsluhu a při poruše snadno opravitelný.

## 12 LITERATURA

- [1] KOPÁČEK, J., ŽÁČEK, M. *Pneumatická zařízení strojů*. Ostrava: VŠB-TUO, 2008. 94 s. Fakulta strojní. ISBN 978-80-248-0442-2
- [2] DUŠÁK, K. *Obráběcí přípravky*. Vysokoškolský podnik Liberec, s. s.r.o., 2007. 1. vydání 185s. ISBN 978-80-7372-260-9
- [3] Firemní katalog firmy SMC, *SMS Training – Stlačený vzduch a jeho použití*
- [4] Firemní katalog, dostupný z WWW: <<http://www.vektek.com>> [cit. 2009-12-10]
- [5] Firemní katalog, dostupný z WWW: <<http://www.destaco.com>> [cit. 2009-12-12]
- [6] Firemní katalog, dostupný z WWW: <<http://www.roemheld.com>> [cit. 2009-12-12]
- [7] Firemní katalog, dostupný z WWW: <<http://www.movaub.cz>> [cit. 2009-12-20]
- [8] Firemní katalog, dostupný z WWW: <<http://www.steelsmith.co.in>> [cit. 2009-12-20]
- [9] Firemní katalog, dostupný z WWW: <<http://www.stranskyapetrzik.cz>> [cit. 2010-1-3]
- [10] Humár, A., *Výpočtová cvičení Technologie I*. Brno: VUT, 2003, Fakulta strojní.
- [11] Firemní katalog, dostupný z WWW: <<http://www.smc.cz>> [cit. 2010-3-10]
- [12] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojírenské tabulky*. Praha: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2006. 914 s. Fakulta strojní. ISBN 80-7361-033-7

## **13 SEZNAM PŘÍLOH**

- Pneumatické schéma obvodu